

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-352327

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

G02B 5/30
G02F 1/1335

(21)Application number : 10-160947

(71)Applicant : YAZAKI CORP

(22)Date of filing : 09.06.1998

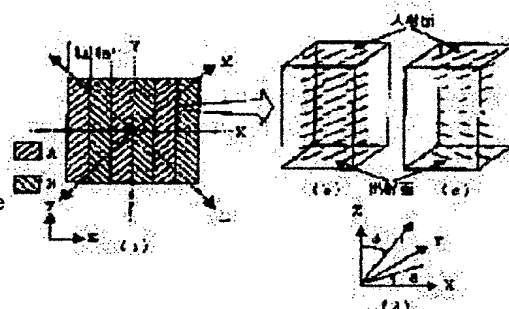
(72)Inventor : YAGO SHIGEO

(54) POLARIZING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify the production process and to reduce the size of apparatus constitution and the cost of a polarizing element by making the sum of the thicknesses of first kind and second kind double refractive materials forming the unit period of a unidirectional periodic structure sufficiently smaller than the wavelength of incident light.

SOLUTION: This polarizing element has the unidirectional periodic structure which consists of the double refractive materials A, B of the same kind and in which the first kind double refractive materials A and second kind double refractive materials B which are different in alignment directions are alternately repeated. The element is so set that the sum of the thicknesses of the first kind double refractive material A and the second kind double refractive material B forming the unit period of the unidirectional periodic structure is sufficiently smaller than the wavelength of the incident light. The incident M polarized light is converted to L polarized light in the same manner as heretofore by controlling the refractive index in the M-axis direction by only the double refractive materials A, B of one kind. This L polarized light is transmitted while the same polarization state as that at the incident time is maintained. As a result, the unidirectional periodic structure capable of developing the conversion function to convert all of the light transmitted through the polarizing element to the L polarized light without loss is embodied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 5 2 3 2 7

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int. Cl. ⁶
G 0 2 B 5/30
G 0 2 F 1/1335 5 1 0

識別記号

F I
G 0 2 B 5/30
G 0 2 F 1/1335 5 1 0

審査請求 未請求 請求項の数 2

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-160947

(22) 出願日 平成10年(1998)6月9日

(71) 出願人 000006895

矢崎総業株式会社

東京都港区三田1丁目4番28号

(72) 発明者 矢後 栄郎

静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式会社
内

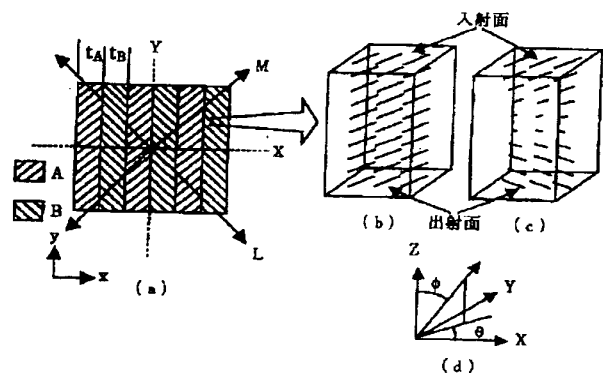
(74) 代理人 弁理士 瀧野 秀雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 偏光素子

(57) 【要約】

【課題】 1種類の複屈折材料のみで従来と同等の偏光機能を損失無く発現できる周期構造を有する偏光素子を提供すること。

【解決手段】 同一種類の複屈折材料であって配向方向が異なる第1種複屈折材料と第2種複屈折材料とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、単一方向周期構造の単位周期を形成する第1種複屈折材料の厚さと第2種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一種類の複屈折材料であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料と第 2 種複屈折材料とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、当該単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料の厚さと第 2 種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定されていることを特徴とする偏光素子。

【請求項 2】 同一種類の配向構造を有する複屈折材料であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料と第 2 種複屈折材料とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、当該単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料の厚さと第 2 種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定されていることを特徴とする偏光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学素子に関し、特に、偏光状態がランダムな光の特性を一方向の直線偏光に変換する偏光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来この種の偏光素子としては、例えば、特開平 4 - 2 4 0 8 0 4 号公報に示すようなものがある。図 4 は、従来の偏光素子を説明するための X-Y 平面に沿った素子断面図である。

【0003】図 4 に示す従来の偏光素子は、2 種類の複屈折材料を図 4 に示すように交互に繰り返した構造を有し、どんな偏光の光も直線偏光にすることができた。

【0004】いま、一方の複屈折材料を A、他方の複屈折材料を B とし、複屈折材料 A の幅を t_A 、複屈折材料 B の幅を t_B とする。このとき、波長 λ の入射光に対し $t_A + t_B < \lambda$ の関係が成立する。更に、図 4 の平面上の構造の繰り返し方向 X に対して 45 度傾いている L 軸における複屈折材料 A の屈折率と複屈折材料 B の屈折率とが等しくなるように設定され、更に、このような L 軸に対して垂直（前述の所定角度の一例）な方向の軸 M における複屈折材料 A の屈折率と複屈折材料 B の屈折率とが等しくないように設定されているため、屈折率に周期構造が形成されることになる。

【0005】このような周期構造を有する偏光素子の M-L 平面に垂直（前述の所定角度の一例）に光を入射した場合の、L 軸方向の偏光（以下、L 偏光と呼ぶ）と M 軸方向の偏光（以下 M 偏光）を考える。

【0006】L 偏光及び M 偏光においては $t_A + t_B < \lambda$ の関係が成立するので、屈折率の平均値を感じるようになる。

【0007】また、L 軸方向の屈折率は一定なので L 偏光は入射時と同じ偏光状態を保ったまま偏光素子を透過する。

【0008】M 軸方向の屈折率は周期性を有しているの

で、M 偏光は構造複屈折により偏光状態が変化する。例えば、 $t_A = t_B$ の場合、複屈折材料 A の M 軸方向の屈折率を n_A 、複屈折材料 B の M 軸方向の屈折率を n_B とすると、X 軸方向と Y 軸方向に M 偏光が感じる屈折率 n_x 、 n_y は、各々、 $n_x = (1/n_A)^2 + (1/n_B)^2)^{-1/2}$ 、 $n_y = (n_A^2 + n_B^2)^{-1/2}$ と表現できる。

【0009】そこで従来の偏光素子では、光路差 $\Delta n d = |n_x - n_y| d = k \lambda / 2$ 、（ d は偏光素子の厚さ、 k は自然数）を満たすように図 4 の偏光素子の厚さ d を決定していた。その結果、偏光素子に入射した M 偏光は L 偏光に変換され、偏光素子を透過した光は全て L 偏光に損失無く変換できるようになるといった効果が記載されている。

【0010】図 5 は、図 4 の偏光素子の製造方法を説明するための X-Z 平面に沿った素子断面図である。

【0011】一方、このような偏光素子を作成するための従来の製造方法においては、図 5 (a) に示すように、ガラス基板 1 上に液晶 A が塗布される工程と、前工程に続いて、図 5 (b) に示すように、フォトリソ法を用いたエクス線リソグラフィ法を用いて所定の所定の格子周期を有する所定数の溝 2、…、2 を液晶 A に形成する工程と、前工程に続いて、溝 2、…、2 を液晶 B で埋める工程とが実行されて偏光素子が作成されていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の偏光素子では、エクス線リソグラフィ法を用いて 2 種類の複屈折材料 A、B が交互に繰り返した構造を形成するため、製造工程が複雑になり、装置構成が大がかりとなり、その結果、偏光素子のコストアップをもたらしてしまうという問題点があった。

【0013】本発明は、このような従来の問題点を解決することを課題としており、第 1 に、同一種類の複屈折材料であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料と第 2 種複屈折材料とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料の厚さと第 2 種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定され、入射光に対する第 1 種複屈折材料の光軸が、単一方向周期構造の繰り返し方向に対して一定の傾きに設定されると共に、第 2 種複屈折材料の光軸に対して所定角度に設定され、第 1 種複屈折材料及び第 2 種複屈折材料の光の入射面における配向方向が配向方向に基づいて決定される光路差が入射光波長の $1/2$ の整数倍を満たすように設定されることにより、1 種類の複屈折材料のみで従来と同等の偏光機能を発現できる周期構造を実現し、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子の低コスト化を図ることができる偏光素子を提供することを目的としている。

【0014】第 2 に、同一種類の配向構造を有する複屈折材料であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料と第

2 種複屈折材料とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料の厚さと第 2 種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定され、入射光に対する第 1 種複屈折材料の光軸が、単一方向周期構造の繰り返し方向に対して一定の傾きに設定されると共に、第 2 種複屈折材料の光軸に対して所定角度に設定され、第 1 種複屈折材料及び第 2 種複屈折材料の光の入射面における配向方向が配向方向に基づいて決定される光路差が入射光波長の $1/2$ の整数倍を満たすように設定されることにより、1 種類の複屈折材料のみで従来と同等の偏光機能を発現できる周期構造を実現し、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子の低コスト化を図ることができる偏光素子を提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明は、同一種類の複屈折材料 A、B であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料 A と第 2 種複屈折材料 B とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、当該単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料 A の厚さと第 2 種複屈折材料 B の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定されている。

【0016】請求項 1 に記載の発明によれば、1 種類の複屈折材料 A、B のみで M 軸方向の屈折率を制御して従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようになるといった効果を奏する。

【0017】請求項 2 に記載の発明は、同一種類の配向構造を有する複屈折材料 A、B であって配向方向が異なる第 1 種複屈折材料 A と第 2 種複屈折材料 B とが交互に繰り返されて成る単一方向周期構造を有すると共に、当該単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料 A の厚さと第 2 種複屈折材料 B の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように設定されている。

【0018】請求項 2 に記載の発明によれば、同一種類の配向構造を有する 1 種類の複屈折材料 A、B である第 1 種複屈折材料 A の M 軸方向の屈折率と第 2 種複屈折材料 B の M 軸方向の屈折率とを制御し、単一方向周期構造の単位周期を形成する第 1 種複屈折材料 A の厚さと第 2 種複屈折材料 B の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように制御することにより、従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損

失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようになるといった効果を奏する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施形態を説明する。

【0020】図 1 (a) は、本発明の偏光素子 10 の第 1 実施形を説明するための X-Y 平面に沿った素子断面図であり、図 1 (b) は、第 1 実施形の分子配向状態を説明するための素子断面図であり、図 1 (d) は、配向方向を説明するための図である。

【0021】図 1 に示す偏光素子 10 は、偏光状態がランダムな光の特性を一方方向の直線偏光に変換する光学素子であり、ガラス基板、透明電極 13、14、配向膜 15、16、スペーサ 17、18、紫外線硬化樹脂と液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する液晶材料とを用いた多層膜構造を有している。

【0022】透明電極 13、14 は、ガラス基板上に形成された可視光及び紫外光に対して透過性を有する電極材料であり、具体的には、ITO を用いることが望ましい。

【0023】配向膜 15、16 は、透明電極 13、14 上に形成され、液晶の配向状態を整えるための機能性膜であり、具体的には、ラビング膜を用いることが望ましい。

【0024】スペーサ 17、18 は、対向させたガラス基板上の配向膜 15、16 間を 10 数 μm のギャップだけ離間するための球形の粒子であり、具体的には、アルミナ粒子を用いることが望ましい。

【0025】紫外線硬化樹脂と液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する液晶材料は、液晶材料であり、対向させたガラス基板上の配向膜 15、16 の間隙に注入されている。透明電極 13、14 面内一軸方向に所定の繰り返し周期で液晶分子配向が交互に異なる用に配向処理される。

【0026】なお、ガラス基板に代えて、少なくとも可視光に対して透明性を示す透光性樹脂基板（例えば、ポリカーボネート基板）を用いることも可能である。この場合、安価な透光性樹脂基板上に形成された透明電極 13、14 に配向電圧を外部から印加して配向電圧の向きと強度を変えることができるので、外部から紫外線硬化樹脂と液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する液晶材料内の液晶分子の向きを一定周期で交互に切り換えることができる。また、外部からの配向電圧制御により一定周期で交互に切り換えて形成された液晶分子の向きの安定化を図ることができるようになる。その結果、偏光素子 10 のコストアップを回避できるようになるといった効果を奏する。同様の主旨で、少なくとも可視光に対して透明性を示すと共に可撓性を有する樹脂フィルム

(例えば、PETフィルム)を用いることもできる。この場合、安価で可撓性に富む樹脂フィルム上に形成された透明電極13、14に配向電圧を外部から印加して配向電圧の向きと強度を変えることができるので、外部から紫外線硬化樹脂と液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する液晶材料内の液晶分子の向きを一定周期で交互に切り換えることができる。また、外部からの配向電圧制御により一定周期で交互に切り換えて形成された液晶分子の向きの安定化を図ることができるようになる。その結果、偏光素子10のコストアップを回避できるようになるといった効果を奏する。また、紫外線硬化樹脂と液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する液晶材料に代えて紫外線硬化性液晶20、21を用いることもできる。この場合、ガラス基板上に形成された透明電極13、14に配向電圧を外部から印加して配向電圧の向きと強度を変えることができるので、外部から紫外線硬化性液晶20、21内の液晶分子の向きを一定周期で交互に切り換えることができる。また、外部からの配向電圧制御により一定周期で交互に切り換えて形成された液晶分子の向きの安定化を図ることができるようになる。*20

$$n_x = \frac{1}{\sqrt{\frac{\sin^2 \theta \cos^2 \phi}{n_1^2} + \frac{\sin^2 \theta \sin^2 \phi}{n_2^2} + \frac{\cos^2 \theta}{n_3^2}}} \quad \text{式(1)}$$

$$n_y = \frac{1}{\sqrt{\frac{\cos^2 \theta \cos^2 \phi}{n_1^2} + \frac{\cos^2 \theta \sin^2 \phi}{n_2^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_3^2}}} \quad \text{式(2)}$$

ここで、 n_1 、 n_2 、 n_3 は、液晶材料A、Bの主屈折率である。式(1)、式(2)によって配向方向と配向構造とを選択することにより、層の繰り返し方向Xに対して傾いたL方向に屈折率が一樣になるようにでき、L方向に対して90°傾いた方向には屈折率の周期構造があるようにできる。

【0031】第1実施形態の偏光素子10においては、入射光(波長 λ)に対する液晶材料Aの光軸(L軸)が、図1(a)に示すように、単一方向周期構造の繰り返し方向(X軸方向)に対して一定の傾き(一例として45度)に設定されると同時に、液晶材料Bの光軸(M軸)に対して所定角度に設定されている。なお、M偏光とL偏光とが共に回転しても良い。

【0032】これにより、M偏光の感じる複屈折性による偏光面の回転角とL偏光の感じる複屈折性による偏光面の回転角との差が、90°の奇数倍になる。このとき、M偏光の偏光面とL偏光の偏光面の回転角が90°の整数倍になっていれば、直線偏光を得ることができ

*その結果、偏光素子10のコストアップを回避できるようになるといった効果を奏する。

【0027】一方、図1(a)に示す第1実施形態の偏光素子10は、同一種類の配向構造の複屈折材料A、Bであって配向方向が異なる第1種複屈折材料Aとしての液晶材料A(図中のA)と第2種複屈折材料Bとしての液晶材料B(図中のB)とが交互にX軸方向に対して繰り返されて成る単一方向の周期構造を有すると同時に、単一方向周期構造の単位周期を形成する液晶材料Aの厚さ t_A と液晶材料Bの厚さ t_B との和($t_A + t_B$)が入射光の波長 λ よりも十分小さく($\lambda > t_A + t_B$)なるように設定されている。

【0028】具体的には、図1(b)に示すような配向構造を有する液晶材料は、図1(d)に示すように、 θ 方向と ϕ 方向に傾けた配向方向に設定されている。

【0029】XY面内の屈折率 n_x 、 n_y は、各々、式(1)、式(2)によって決定することができる。

【0030】

【数1】

る。一方、M偏光の回転角とL偏光の回転角が90°の整数倍でなくとも、回転角の差が90°の奇数倍になっていれば、そのときの出射光を4分の1波長板に通すことにより、直線偏光を得ることができる。

【0033】この様な素子構造によれば、入射光に対する液晶材料Aの光軸であるL軸が単一方向周期構造の繰り返し方向であるX軸方向に対して一定の傾き(一例として45度)に設定され液晶材料Bの光軸であるM軸に対して所定角度に設定されるように1種類の複屈折材料A、BのM軸方向の屈折率を制御することにより、従来と同様に、入射したM偏光をL偏光に変換しL偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子10を透過した光を全てL偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子10の低コスト化を図ることができるように

【0034】また液晶材料A及び液晶材料Bの光の入射

面（図 1（b）参照）における配向方向は、配向方向に基づいて決定される光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍（ $\Delta n d = |n_x - n_y| d = k \lambda / 2$ 、 k は自然数）を満たすように設定されている。

【0035】このような設定によれば、液晶材料 A 及び液晶材料 B の光の入射面である ML 平面における配向方向を光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍を満たすように 1 種類の複屈折材料 A、B の M 軸方向の屈折率を制御することにより、従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようになるといった効果を奏する。

【0036】また第 1 実施形態の偏光素子 10 においては、液晶材料 A 及び液晶材料 B の光の入射面における 2 方向の屈折率 n_x 、 n_y は、2 方向の屈折率 n_x 、 n_y に基づいて決定される光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍を満たすように設定されている。

【0037】いま、このような周期構造を有する偏光素子 10 の ML 平面に垂直（前述の所定角度の一例）に光を入射した場合の、L 軸方向の偏光（以下、L 偏光と呼ぶ）と M 軸方向の偏光（以下 M 偏光）を考える。

【0038】このとき、L 偏光及び M 偏光においては $t_A + t_B < \lambda$ の関係が成立するので、屈折率の平均値を感じることになる。

【0039】また、L 軸方向の屈折率は一定なので L 偏光が入射時と同じ偏光状態を保ったまま偏光素子 10 を透過する。

【0040】前述したように、M 軸方向の屈折率は周期性を有しているので、M 偏光は構造複屈折により偏光状態が変化する。例えば、 $t_A = t_B$ の場合、複屈折材料 A の M 軸方向の屈折率を n_A 、複屈折材料 B の M 軸方向の屈折率を n_B とすると、X 軸方向と Y 軸方向に M 偏光が感じる屈折率 n_x 、 n_y は、各々、 $n_x = ((1/n_A)^2 + (1/n_B)^2)^{-1/2}$ 、 $n_y = (n_A^2 + n_B^2)^{1/2}$ と表現できる。

【0041】そこで第 1 実施形態の偏光素子 10 では、光路差 $\Delta n d = |n_x - n_y| d = k \lambda / 2$ 、（ d は偏光素子 10 の厚さ、 k は自然数）を満たすように図 1

（a）の偏光素子 10 の厚さ d を決定している。

【0042】このような素子構造によれば、液晶材料 A 及び液晶材料 B の光の入射面における 2 方向の屈折率 n_x 、 n_y を光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍を満たすように制御することにより、従来と同様に、偏光素子 10 に入射した M 偏光を L 偏光に変換し、偏光

素子 10 を透過した光は全て L 偏光に損失無く変換できるようになり、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようになるといった効果を奏する。

【0043】以上説明したように、第 1 実施形態の偏光素子 10 によれば、1 種類の複屈折材料 A、B のみで M 軸方向の屈折率を制御して従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようになるといった効果を奏する。

【0044】図 1（a）は、本発明の偏光素子 10 の第 2 実施形を説明するための X-Y 平面に沿った素子断面図であり、図 1（c）は、第 1 実施形の分子配向状態を説明するための素子断面図である。

【0045】第 2 実施形態の偏光素子 10 は、偏光状態がランダムな光の特性を一方方向の直線偏光に変換する光学素子であり、ガラス基板、透明電極 13、14、配向膜 15、16、スペーサ 17、18、紫外線硬化樹脂と TN 液晶材料との混合物又は紫外線硬化性を有する TN 液晶材料とを用いた多層膜構造を有している。なお、液晶材料を TN 配向させる代わりに、液晶材料をホモジニアス配向等の他の配向を用いても良い。

【0046】第 2 実施形態の偏光素子 10 は、図 1（c）に示すように、第 1 種複屈折材料 A としての TN 液晶材料 A と第 2 種複屈折材料 B としての TN 液晶材料 B（図中の B）を用いた点に特徴を有している。

【0047】この場合、TN 液晶材料 A と TN 液晶材料 B とが交互に X 軸方向に対して繰り返されて成る単一方向の周期構造を有すると同時に、単一方向周期構造の単位周期を形成する TN 液晶材料 A の厚さ t_A と TN 液晶材料 B の厚さ t_B との和（ $t_A + t_B$ ）が入射光の波長 λ よりも十分小さく（ $\lambda \gg t_A + t_B$ ）なるように設定されている。

【0048】具体的には、図 1（c）に示すような配向構造を有する TN 液晶材料の XY 面内の屈折率 n_x 、 n_y は、各々、式（3）、式（4）によって決定することができる。

【0049】

【数 2】

$$n_x' = \frac{1}{\phi} \int_0^{\phi} \frac{1}{\sqrt{\frac{\cos^2 \phi^2}{n_{x \min}^2} + \frac{\sin^2 \phi^2}{n_{x \max}^2}}} d\phi \quad \text{式 (3)}$$

$$n_y' = \frac{1}{\phi} \int_0^{\phi} \frac{1}{\sqrt{\frac{\sin^2 \phi^2}{n_{y \min}^2} + \frac{\cos^2 \phi^2}{n_{y \max}^2}}} d\phi \quad \text{式 (4)}$$

ここで、 ϕ は入射面と出射面との θ 方向の差であって、 90° が最適値である。式 (3)、式 (4) によって配向方向と配向構造とを選択することにより、層の繰り返し方向 X に対して傾いた L 方向に屈折率が一樣になるようにでき、L 方向に対して 90° 傾いた方向には屈折率の周期構造があるようにできる。

【0050】第2実施形態の偏光素子 10 においては、入射光 (波長 λ) に対する TN 液晶材料 A の光軸 (L 軸) が、図 1 (a) に示すように、単一方向周期構造の繰り返し方向 (X 軸方向) に対して一定の傾き (一例として 45°) に設定されると同時に、TN 液晶材料 B の光軸 (M 軸) に対して所定角度に設定されている。

【0051】これにより、M 偏光の感じる複屈折性による偏光面の回転角と L 偏光の感じる複屈折性による偏光面の回転角との差が、 90° の奇数倍になる。このとき、M 偏光の偏光面と L 偏光の偏光面の回転角が 90° の整数倍になっていれば、直線偏光を得ることができる。一方、M 偏光の回転角と L 偏光の回転角が 90° の整数倍でなくとも、回転角の差が 90° の奇数倍になっていれば、そのときの出射光を 4 分の 1 波長板に通すことにより、直線偏光を得ることができる。

【0052】この様な素子構造によれば、入射光に対する TN 液晶材料 A の光軸である L 軸が単一方向周期構造の繰り返し方向である X 軸方向に対して一定の傾き (一例として 45°) に設定され TN 液晶材料 B の光軸である M 軸に対して所定角度に設定されるように 1 種類の TN 液晶材料 A、B の M 軸方向の屈折率を制御することにより、従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようにするという効果を奏する。

【0053】また TN 液晶材料 A 及び TN 液晶材料 B の光の入射面 (図 1 (c) 参照) における配向方向は、配

向方向に基づいて決定される光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍 ($\Delta n d = |n_x - n_y| d = k \lambda / 2$ 、 k は自然数) を満たすように設定されている。

【0054】このような設定によれば、TN 液晶材料 A 及び TN 液晶材料 B の光の入射面である ML 平面における配向方向を光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍を満たすように 1 種類の TN 液晶材料 A、B の M 軸方向の屈折率を制御することにより、従来と同様に、入射した M 偏光を L 偏光に変換し L 偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子 10 を透過した光を全て L 偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子 10 の低コスト化を図ることができるようにするという効果を奏する。

【0055】また第2実施形態の偏光素子 10 においては、TN 液晶材料 A 及び TN 液晶材料 B の光の入射面における 2 方向の屈折率 n_x 、 n_y は、2 方向の屈折率 n_x 、 n_y に基づいて決定される光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の $1/2$ の整数倍を満たすように設定されている。

【0056】いま、このような周期構造を有する偏光素子 10 の ML 平面に垂直 (前述の所定角度の一例) に光を入射した場合の、L 軸方向の偏光 (以下、L 偏光と呼ぶ) と M 軸方向の偏光 (以下 M 偏光) を考える。

【0057】このとき、L 偏光及び M 偏光においては $t_A + t_B < \lambda$ の関係が成立するので、屈折率の平均値を感じるようになる。

【0058】また、L 軸方向の屈折率は一定なので L 偏光が入射時と同じ偏光状態を保ったまま偏光素子 10 を透過する。

【0059】前述したように、M 軸方向の屈折率は周期性を有しているので、M 偏光は構造複屈折により偏光状態が変化する。例えば、 $t_A = t_B$ の場合、TN 液晶材料 A の M 軸方向の屈折率を n_A 、複屈折材料 B の M 軸方向の屈折率を n_B とすると、X 軸方向と Y 軸方向に M 偏光が感じる屈折率 n_x 、 n_y は、各々、 $n_x = ((1/$

$n_A)^2 + (1/n_B)^2)^{-1/2}$, $n_V = (n_A^2 + n_B^2)^{1/2}$ と表現できる。

【0060】そこで第2実施形態の偏光素子10では、光路差 $\Delta n d = |n_x - n_y| d = k \lambda / 2$ 、(dは偏光素子10の厚さ、kは自然数)を満たすように図1

(a)の偏光素子10の厚さdを決定している。

【0061】このような素子構造によれば、TN液晶材料A及びTN液晶材料Bの光の入射面における2方向の屈折率 n_x 、 n_y を光路差 $\Delta n d$ が入射光波長 λ の1/2の整数倍を満たすように制御することにより、従来と同様に、偏光素子10に入射したM偏光をL偏光に変換し、偏光素子10を透過した光は全てL偏光に損失無く変換できるようになり、入射したM偏光をL偏光に変換しL偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子10を透過した光を全てL偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子10の低コスト化を図ることができるようになるという効果を奏する。

【0062】以上説明したように、第2実施形態の偏光素子10によれば、1種類のTN液晶材料A、BのみでM軸方向の屈折率を制御して従来と同様に、入射したM偏光をL偏光に変換しL偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子10を透過した光を全てL偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子10の低コスト化を図ることができるようになるという効果を奏する。

【0063】以上説明したように、偏光素子製造方法の第2実施形態によれば、透明電極13、14に配向電圧を外から印加して配向電圧の向きと強度を変えて液晶分子の向きを一定周期で交互に切り換える制御に同期させて偏光素子10の周期構造と同一移動距離で遮光板30のスリット23状の紫外線25を透明電極13、14面に平行に移動するといった簡便で高い位置精度及び幅精度を有する制御を行うことにより、偏光素子10の偏光周期のパターニング用の光硬化制御を実行できるようになるので、エクス線リソグラフィ法を用いた場合のように装置構成が大がかりとなることを回避でき、その結果、偏光素子10のコストアップを回避できるようになるといった効果を奏する。エクス線リソグラフィ法を用いた場合のように装置構成が大がかりとなることを回避でき、その結果、偏光素子10のコストアップを回避できるようになるといった効果を奏する。

【0064】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、1種類の複屈折材料のみでM軸方向の屈折率を制御して従来と同様に、入射したM偏光をL偏光に変換しL偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、

偏光素子を透過した光を全てL偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子の低コスト化を図ることができるようになるという効果を奏する。

【0065】請求項2に記載の発明によれば、同一種類の配向構造を有する1種類の複屈折材料である第1種複屈折材料のM軸方向の屈折率と第2種複屈折材料のM軸方向の屈折率とを制御し、単一方向周期構造の単位周期を形成する第1種複屈折材料の厚さと第2種複屈折材料の厚さとの和が入射光の波長よりも十分小さくなるように制御することにより、従来と同様に、入射したM偏光をL偏光に変換しL偏光を入射時と同じ偏光状態を保ったまま透過させることにより、偏光素子を透過した光を全てL偏光に変換する偏光機能を損失無く発現できる単一方向周期構造を実現でき、その結果、製造工程の簡便化、装置構成の小型化、偏光素子の低コスト化を図ることができるようになるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は、本発明の偏光素子の第1実施形を説明するためのX-Y平面に沿った素子断面図であり、図1(b)は、第1実施形の分子配向状態を説明するための素子断面図であり、図1(c)は、第2実施形の分子配向状態を説明するための素子断面図であり、図1(d)は、配向方向を説明するための図である。

【図2】図1の偏光素子の製造方法の第1実施形態を説明するためのX-Z平面に沿った素子断面図である。

【図3】図1の偏光素子の製造方法の第2実施形態を説明するためのX-Z平面に沿った素子断面図である。

【図4】従来の偏光素子を説明するためのX-Y平面に沿った素子断面図である。

【図5】図4の偏光素子の製造方法を説明するためのX-Z平面に沿った素子断面図である。

【符号の説明】

10…偏光素子

11、12…ガラス基板(又は透光性樹脂基板、樹脂フィルム)

13、14…透明電極

15、16…配向膜

17、18…スペーサ

20…光硬化後の紫外線硬化樹脂と液晶との混合物(又は紫外線硬化性液晶)

21…光硬化前の紫外線硬化樹脂と液晶との混合物(又は紫外線硬化性液晶)

23…スリット

24…紫外線光源

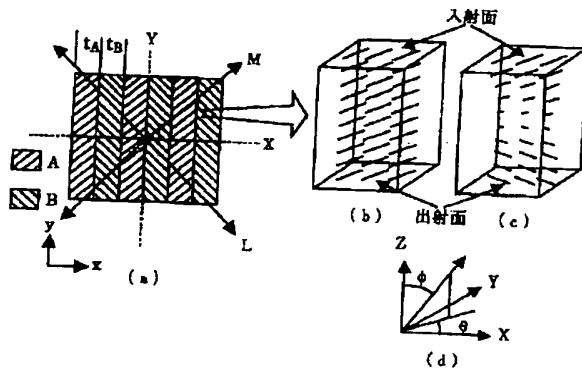
25…紫外線

30、31…遮光板

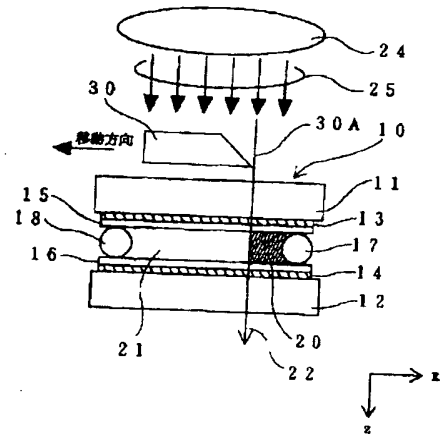
A…第1種複屈折材料

B…第2種複屈折材料

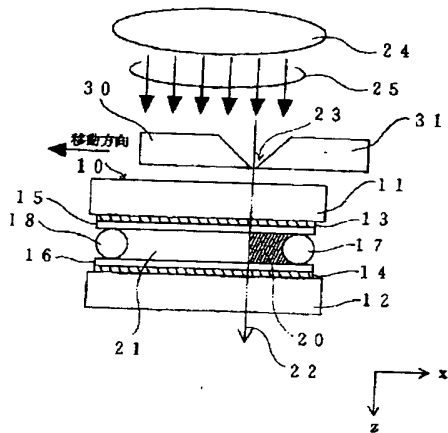
【図1】



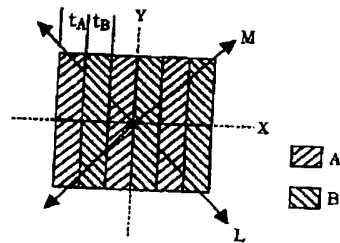
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

